



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser  
och jordbruksvetenskap



# Blötläggning och aktivering av frön före sådd

- ETT SÄTT ATT FÖRBÄTTRA FRÖGRONING OCH KONKURRENSFÖRMÅGA

OLLE ÅKESSON

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för växtbiologi

Självständigt arbete i biologi, 15hp, EX0689  
Agronomprogrammet, inriktning mark/växt

ISSN 1651-5196 nr. 145

Uppsala 2014

## **SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet**

NJ -Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för växtbiologi

**Blötläggning och aktivering av frön före sådd** – ett sätt att förbättra frögroning och konkurrensförmåga

***Soaking and activation of seeds before sowing*** – a way to improve seed germination and competitiveness

*Olle Åkesson*

**Handledare:**

**Folke Sitbon**

Institutionen för växtbiologi  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

**Examinator:**

**Björn Nicander**

Institutionen för växtbiologi  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

**EX0689**, Självständigt arbete i biologi – kandidatarbete, 15 hp, Grundnivå, G2E  
**Agronomprogrammet**, inriktning mark/växt

**Nyckelord:** Blötläggning, frögroning, uppkomst, groningsprocess, konkurrensförmåga, allelopati

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

ISSN 1651-5196 nr. 145

**Uppsala 2014**

## Innehållsförteckning

Syfte .....	4
Material och metoder.....	4
Uppkomst av blötlagda frön vid olika fuktighetsförhållanden i jord .....	4
Grobarhet vid blötläggning under olika tider .....	5
Undersökning av alkaloiders allelopatiska egenskaper .....	5
Försöksdesign.....	5
Uppkomst av blötlagda frön vid olika fuktighetsförhållanden i jord .....	5
Grobarhet vid blötläggning under olika tider .....	6
Allelopatiska egenskaper hos alkaloider .....	6
Introduktion .....	7
Fröet .....	7
Groningsvila .....	7
Miljöfaktorer som påverkar groningen.....	8
Groningsprocessen .....	9
Effekten av snabb och jämn uppkomst.....	11
Resultat.....	12
Uppkomst och tidig utveckling vid blötläggning av vete och ärtor .....	12
Grobarhet vid blötläggning av vete och ärtor .....	16
Rotinhibering och groningsinhibering för Arabidopsis och Tomat.....	17
Diskussion .....	21
Slutsats .....	23
Referenser.....	23

## Abstract

Seed germination is a complex process that starts with water uptake by the seed and ends with radicle growth. Several factors affect the germination where water, temperature and light conditions are the most important. Soaking of seeds before sowing provides faster and more uniform emergence. Faster emergence has positive effects on the competition against weeds and also improves drought tolerance. The, through soaking, activated seed has also better tolerance against biotic stress. Seeds of wheat, *Triticum aestivum*, and pea, *Pisum sativum*, germinates at a rate of at least 80 % after imbibing of 15 respectively 140 weight percent water. Soaking for more than 20-24 h makes the seed of wheat and pea germinate at a rate of 80 % after 36 hours. Tomatidine is an allelopathic substance that at least inhibits growth of Arabidopsis-roots, *Arabidopsis thaliana*. More research is needed for practical application of soaking treatment and further knowledge about allelopathic substances.

## Syfte

Jordbrukaren lever i en konkurrensutsatt position på världsmarknaden där han för att nå lönsamhet kräver hög avkastning trots låga insatser. I samhället diskuteras ivrigt miljöfrågor och användningen av kemiska insatsmedel. Slutligen är grödorna utsatta för konkurrens från ogräs och stress från sjukdomar, insekter och ett förändrat klimat. Dessa är några av framtidens jordbruks stora utmaningar och SLU arbetar i det tvärvetenskapliga forskningsprogrammet ”Framtidens Lantbruk” med dessa frågor (Bengtsson m.fl., 2010).

För att jordbruket skall finnas kvar i framtiden behöver konkurrensen och stressen övervinnas, och för lantbrukaren innebär detta att ge grödan de bästa möjliga förutsättningarna samtidigt som avkastningen ökar och insatsmedlen och miljöpåverkan minskas.

Groningspåskyndande behandling, priming, där man genom naturliga eller syntetiska metoder aktiverar ett frö och därmed för in det i ett visst fysiologiskt stadie, kan vara en av lösningarna. Priming, som t.ex. blötläggning, ger nämligen effekten att man kan erhålla en snabbare och jämnare uppkomst hos grödan, samtidigt som fröna och de unga plantorna kan reagera snabbare och bättre på stress från sin omgivning (Puthur, 2012).

Tekniken som sådan har historiska anor och redan de gamla grekerna blötlade frön i mjölk och honung för att erhålla bättre groning. Under 1600-talet behandlade ryska bönder sina frön i saltlösningar av samma anledning, och 1918 rekommenderades blötläggning av frön i vatten i en rapport då det skulle öka groningshastigheten. Idag är blötläggning sedan ca 40 år tillbaka en etablerad metod i grönsaksodlingen och används för grödor som potatis, morot, lök, paprika, tomat, sallad och prydnadsväxter för att ge dem bättre förutsättningar under växtsäsongen (Parera, 1994).

Syftet med denna uppsats är att studera om även blötläggning av jordbruksgrödors frön före sådd ger en jämnare och snabbare uppkomst. Introduktionen ger en bakgrund till om detta även kan öka motståndskraften mot konkurrens och stress. Även fröets groningsprocess och vad som påverkar groningen beskrivs. Slutligen presenteras en förstudie kring naturliga växtämnen som har negativa effekter på groning och rottillväxt (s.k. allelopati).

## Material och metoder

Utformandet av studien syftade till att ge kunskap om blötläggning av frön skulle kunna tillämpas i jordbruket. Valet av grödor att studera gjordes utifrån viktiga jordbruksgrödor i Sverige och av två olika arter, en monokotyledon och en dikotyledon. Försöken gjordes utifrån en kvalitativ metod och deduktiv ansats där resultatet varit underlag för en induktiv diskussion.

Försöken har gjorts på *Triticum aestivum* (Vete, sort: Dacke) och *Pisum sativum* (Märgärt, sort: Kelvedon Wonder, 2013) och jämför skillnaden i utveckling för blötlagda respektive torra frön vid sådd. Insamlandet av data gjordes genom mätning, vägning och studier av inträdandet i olika utvecklingsstadier.

Uppsatsen innefattar även en förstudie där allelopatiska ämnens effekt på groning och rottillväxt studerades för *Arabidopsis thaliana* (Backtrav) och *Solanum lycopersicum* (Tomat).

## Uppkomst av blötlagda frön vid olika fuktighetsförhållanden i jord

Torra respektive blötlagda frön såddes i jord av olika fuktighetsgrad och jämfördes avseende groning och uppkomst. Fuktighetsgraden beräknades utifrån % vatten av jordvikt och sträckte sig mellan en uppskattning av ”för torrt” (0 vikts% tillsatt vatten) till ”våldigt blött” (100 vikts% tillsatt vatten). I varje kruka såddes 50 vetekärnor eller 40 ärtor. Krukorna var 10x10 cm och

skyddades från avdunstning och bevattning. Två försök gjordes varav den ena baserades på en såjord med en ursprunglig vattenhalt på 37 % och den andra på 18 %.

De utvecklingsstadier som noterades var tidpunkt för; koleoptilens/hypokotylens penetration av jorden, 1 cm längd och 3 cm längd. Noteringar gjordes var 24 timme. Datainsamlandet gav ett underlag som återges i diagram och tabeller.

### Grobarhet vid blötläggning under olika tider

Frön blötlades i 0 till 36 timmar med intervall på två timmar på ett sådant sätt att alla sedan kunde sås samtidigt. Frön vägdes en gång innan blötläggning och en gång före sådd för att studera vattenupptaget. Varje prov bestod av 50 kärnor av vete och 50 ärtor. Fröerna lades på ett filterpapper i en petriskål och var 12:e timme tillsattes 2 ml vatten för att hålla hög luftfuktighet i den omgivande luften.

Avräkning gjordes då fröets rotanlag tagit sig ut ur fröet med minst 1 mm och intervallet för mätningarna var 12 timmar. Datainsamlandet gav ett underlag som resulterade i diagram och tabeller.

### Undersökning av alkaloiders allelopatiska egenskaper

Fyra alkaloider: Solanin, Solanidin, Tomatin och Tomatidin, tillsattes ett sterilt medium bestående av 1xMS salter (Duchefa, Holland), 1 % sukros, pH 5.6 och solidifierat med 0,3 % Gelrite. 10 frön av Arabidopsis och 6 frön av Tomat såddes på dessa och deras gröningshastighet och rottillväxt studerades genom mätning och notering av groning.

Datainsamlandet resulterade i tabeller och statistiska sammanhang beräknade genom Excel.

### Försöksdesign

#### Uppkomst av blötlagda frön vid olika fuktighetsförhållanden i jord

Syfte: Undersöka skillnaden i uppkomsttid hos blötlagda frön jämfört med torra frön vid sådd i olika fuktighetsförhållanden.

Försöksstruktur:

Frön	Vattentillsats i % av såjordens vikt (fuktighetsförhållande)										
Torra	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Blötlagda	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

Försöket utfördes med 50 vete frön och 40 ärtfrön i varje upprepning.

Genomförande:

1. Frön blötläggs i 14 timmar i 5 gradigt vatten.
2. Jord lufttorkas (37 % vatten (I) resp. 18 % (II)).
3. 100 g jord blandas med 0-100 gram vatten (10 grams intervall) och hålls i krukor (10x10 cm i diameter).
4. 50 respektive 40 frön sås i varje kruka. Ena ledet blötlagt, andra torrt. Sådjup 3 cm.
5. Krukan ställs i på ett enskilt fat och övertäcks med ett glas (petriskål)
6. Med intervall om 24 timmar räknas antalet groddar som penetrerat jordytan, antal groddar där blad trängt ut ur koleoptilen, plantor som blivit 1 cm, och slutligen även 3 cm långa.
7. Längd och vikt bestäms på 15 plantor per kruka vid försökets avslutande.

Ingen bevattning eller tillsatts av näringsämnen skedde under försökets gång.

### Grobarhet vid blötläggning under olika tider

Syfte: Att undersöka optimal blötläggningstid och fröets vattenupptag i förhållande till blötläggningstiden.

Försökstruktur:

Frön blötläggs med två timmars intervall mellan 0 och 36 timmar och placeras sedan på ett torrt material men i hög luftfuktighet, för att bibehålla fukt i fröet, för att se blötläggningens effekt på groningenstiden. Jämförs med obehandlad. Avläsning var 12:e timme. Färskvikt/torrsvikt mäts för varje intervall.

Genomförande:

1. Fröerna blötläggs under intervall som gör att de alla kan sås vid samma tidpunkt. Fröernas torrsvikt (innan blötläggning) och våtvtikt (precis innan sådd) bestäms.
2. 50 frön av varje läggs på filterpapper. Fröernas groningen studeras i intervallet 0 – 36 h med 12 h mellan varje.
3. 2 ml vatten tillsätts var 12 timme för att hålla hög luftfuktighet i skålen.
4. Varje frö bedöms som grott vid 1 mm grodd.

### Allelopatiska egenskaper hos alkaloider

Syfte: Undersöka glykoalkaloiders inverkan på groningen och rottillväxt av fröer från alkaloidinnehållande kontra icke-alkaloidinnehållande växtarter.

Försökstruktur:

Alkaloid	Tomat och Arabidopsis sås i agarmedier med följande koncentrationer						
Solanidin	5µM	1 µM	0,2 µM	0,04 µM	0,008 µM	0,0016 µM	0 µM
Solanin	5µM	1 µM	0,2 µM	0,04 µM	0,008 µM	0,0016 µM	0 µM
Tomatidin	5µM	1 µM	0,2 µM	0,04 µM	0,008 µM	0,0016 µM	0 µM
Tomatin	5µM	1 µM	0,2 µM	0,04 µM	0,008 µM	0,0016 µM	0 µM

Tomat och Arabidopsis planteras på sterila medier innehållandes alkaloiden solanin, solanidin, tomatin eller tomatidin. Tomat (6 st) och Arabidopsis (10st) sås på samma platta.

Genomförande:

1. Agarlösning blandas: 2,5 liter sterilt vatten, 11 gram mineralsalpeter + vitaminer, 25 gram sockros och 7 gram gellan.
2. Agarlösningen autoklaveras.
3. Alkaloider späds genom spädningsserie i 70 % EtOH.
4. Alkaloider och agarlösning blandas och gjuts till agarplattor.
5. Tomat och Arabidopsis sås på agarplattorna, bredvid varandra efter att ha gjorts sterila.
6. Rottillväxten mäts. Groning jämförs.

## Introduktion

### Fröet

Ett frö består av ett embryo, en näringsvävnad och ett skyddande skal. I väntan på bättre förhållanden kan fröer från många växtarter också befinna sig i groningsvila (Campbell, 2011). Näringsvävnaden (endospermet) ger näring till den groende plantan och innehåller ämnen som stärkelse, fetter, proteiner, mineralämnen och hormoner (Fogelfors 2001).

Embryot består av en embryoaxel med ett skott- och rotanlag samt hjärtblad (Fogelfors, 2001). Embryot är skapat genom att fröämnet blivit befruktat och därefter genomgått ett antal celldelningar för att bli ett proembryo. På proembryot uppträder sedan en eller två kotelydoner (hjärtblad) och embryot elongerar. I toppen av embryot bildas ett skottanlag och på motsatt sida ett rotanlag varifrån all primär tillväxt sker efter initierad groning. Ovanför fästpunkten för hjärtbladen på embryoaxeln finner man epikotylen som leder ut i skottanlaget. Nedanför fästpunkten finns hypokotylen vilken leder ut i rotanlaget. Fröet är omslutet av ett skyddande fröskal (Campbell, 2011).

Fröet, som är ett vilande organ, består av 5-15% vatten och har mycket låg metabolism (Fogelfors, 2001). Fröet torkar och blir ett vilande organ under den så kallade uttorkningsfasen där skyddsmekanismer skapas för att klara av uttorkning, inaktivitet kring metabolism och cellprocesser samt förbereda fröet inför groning. Förberedelserna inför groning består i en initiering av förändringar i transkriptionella, post-transkriptionella och metaboliska processer (Angelovici et al 2010). Dessa förändringar kan sedan vara intakta i fröet under en lång tid, allt från några månader till 100-tals år (Rajjou & Debeaujon, 2008).

### Groningsvila

Groningsvila definieras som stadiet då fröet stoppas att gro (Bewley, 1997). Groningsvila är en anpassning för att fröet inte skall gro under ogynnsamma förhållanden (Campbell, 2011). Under groningsvilan slutar fröet att utvecklas och metabolismen stoppas nästan helt (Bewley, 1997). Groningsvilan bryts av olika förhållanden hos olika arter; vissa frön gror så fort miljön är lämplig, medan andra, trots favorabel miljö, gror först när en specifik aktivering sker. Den specifika aktiveringen gör att fröet gror vid det mest optimala förhållandet i tid och rum (Campbell, 2011).

De specifika aktiveringsmekanismerna varierar mellan arter och kan t.ex. vara mekanisk nötning av skalet, ljusexponering, utlakning eller nedbrytning av groningshämmande ämnen samt dygnsväxlingar i temperaturen (Fogelfors, 2011). Andra aktiveringsmekanismer är häftiga regn, skogsbränder (värme och rök) samt en köldperiod (Campbell, 2011).

Enligt Fogelfors (2001) finns det två olika typer av groningsvila, primär och sekundär. Primär groningsvila kallas det när fröet hindras från att gro då det lämnar moderplantan. Den sekundära groningsvilan uppkommer när groningsvilan i ett frö brutits men inte nått den tredje fasen (se nedan) och därmed återgått till groningsvila (Fogelfors, 2001).

Bewley (1997) beskriver vidare att groningsvilan kan vara "coat enhanced dormancy" eller "embryo dormancy". "Coat enhanced dormancy" innebär att groningsvilan bryts när skalet skadats då det tillbakahållna rotanlaget kan ta sig ut ur fröet. "Embryo dormancy" innebär att embryot i fröet är vilande och behöver aktiveras innan groning kan ske (Bewley, 1997).

"Coat enhanced dormancy" kan verka på fem olika sätt. Antingen genom att begränsa vattenupptaget, hålla tillbaka rotanlaget genom mekanisk begränsning, skydda mot gasutbyte med t.ex. syre, hålla kvar inhibitorer eller genom att producera inhiberande substanser.

”Embryo dormancy”, där embryot är vilande, tros bero på inhiberande hormoner som Abskissionssyra (ABA) och avsaknaden av groningsstimulerande hormon som Gibberillinsyra (GA). Groningsstimuleringen hos frön med ”embryo dormancy” är ofta aktiverad av att balansen mellan ABA och GA kraftigt förändras till GA:s fördel (Taiz & Zeiger, 2006).

Groningsvilan kan även delas upp i fem olika klasser; fysiologisk, morfologisk, morfofysiologisk, fysisk och kombinerad groningsvila (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006). Den fysiologiska groningsvilan är vanligast och hittas hos gymnospermer och de flesta angiospermer och kan antingen vara djup eller grund. Djup fysiologisk groningsvila kan inte brytas genom groningsstimulerande ämnen som GA utan stratifiering krävs innan groning kan ske. Grund fysiologisk groningsvila kan brytas genom GA, markberedning, eftermognad eller stratifiering. Morfologisk groningsvila hittas hos frön med underutvecklade embryon och innebär att embryot inte är färdigutvecklat och helt enkelt behöver mer tid att växa innan det gror. Morfofysiologisk groningsvila har också ett underutvecklat embryo men kräver även en groningsvilobrytande behandling. Fysisk groningsvila innebär att fröskalet är vattenogenomsläppligt och kräver att skalet skadas fysiskt eller kemiskt innan groningsprocessen kan initieras (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

På den molekylära nivån diskuterar Finch-Savage & Leubner-Metzger (2006) att den fysiologiska groningsvilan är en aktiv fas med komplexa nätverk som interagerar med signaler från omgivningen. Bibehållandet av groningsvilan sker genom biosyntes av ABA och därigenom reglering av groningen (se nedan) (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006). Groningsvilans upphörande sker i relativt få celler i rotanlaget och är därför svårt att studera (Bewley, 1997).

### **Miljöfaktorer som påverkar groningen**

Groningen initieras av vatten, temperatur, syretillgång (Fogelfors, 2001), ljus och nitrattillgång. Gaser i form av syre, koldioxid och etylen har betydelse för groningsprocessen och allelopatiska ämnen från närliggande växter kan inhibera groning (Bewley et al, 2013). Det är balansen mellan de groningsreglerande ämnena Gibberillinsyra (GA) och Abskissionssyra (ABA) som reglerar groningsvilan (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

*Vatten* är den viktigaste miljöfaktorn för groningen (Bewley et al, 2013) då groning påbörjas genom upptag av vatten på grund av det torra fröets låga vattenpotential. Vattenupptaget gör att fröet expanderar och spräcker fröskalet (Fogelfors, 2001). Vattenupptaget är nödvändigt för nedbrytning och translokering av reservnäring och aktiverar metaboliska processer som får det vilande embryot att återuppta sin aktivitet och tillväxt (Bewley, 1997). Vatten kan även laka ut groningshämmande hormoner och därigenom initiera groning (Taiz & Zeiger, 2006).

*Temperaturen* är näst viktigast och reglerar groningen genom att bestämma kapaciteten och hastigheten för groning av frön som inte befinner sig i groningsvila. Temperaturen kan även bryta primär och sekundär groningsvila samt inducera sekundär groningsvila. Vissa växter kräver en värmechock, t.ex. en skogsbrand för att stimuleras att gro (Bewley et al, 2013). För många andra växter är en period av kyla viktig för att deras frön ska gro (Taiz & Zeiger, 2006).

*Ljus* göra att icke groningsvilande frön kan initiera groning efter så lite som en millisekunds ljusexponering (Bewley et al, 2013). Fytokrom i fröet är huvudsensorn för ljusreglerad groning och man har funnit att alla frön som aktiveras av ljus har ”coat enhanced dormancy”. Ljuset har som effekt att den får rotanlaget att penetrera fröskalet. Penetreringen involverar även enzymer som försvagar de omslutande vävnaderna (Taiz & Zeiger, 2006).



*Nitrat* stimulerar groningen hos många växtarter men skall ses tillsammans med andra faktorer som ljus och temperatur. Nitrat diskuteras av Bewley et al (2013) reglera groningen genom att fröet känner att det finns tillräckligt med nitrat kring groende plantan, vilket tolkas som ett sätt att känna in konkurrenssituationen inför groningen, vilket i samverkan med ljus och skugga ger en ännu starkare respons än de separata faktorerna.

*Syre och andra gaser* har betydelse för groningen. De flesta växter kräver syretillgång för att gro. Även koldioxid och etylen har betydelse. Syret används under groningen andra fas där cellaktiviteten kommer igång och respirationen startar. Mellan arter är syrebehovet olika och vissa klarar att gro i anaeroba förhållanden. Koldioxid verkar ha betydelse för groningen, men de låga koncentrationerna i marken är inte tillräckliga för att ha en betydande inverkan. Etylen har påvisats ha både inhiberande och stimulerande effekter på groningen och kan även förstärka effekten av ljus och nitrats påverkan på groningen. I kombination med koldioxid förstärks effekten (Bewley et al, 2013). Etylen kan motverka ABA (Leubner-Metzger et al., 2005).

Växter kan utsöndra *substanser med gröningsinhiberande eller stimulerande egenskaper* och dessa kan även läcka ut i marken när växten förmultnar. Inhibitorer för groningen (allelopatiska ämnen) kan påverka både den egna och andra arter. Strigolactoner utsöndrade från parasitiska ogräs stimulerar värdväxtens frön att gro och karrikiner, ämnen i rök, har påvisats vara ett universellt gröningsstimulerande ämne. (Bewley et al, 2013).

*Gibberillinsyra* (GA) är en klass av tillväxthormoner som stimulerar groningen. Efter att vatten har tagits upp av fröet släpper embryot ut GA som får fröet att bryta sin gröningsvila och börja gro (Campbell, 2011). Frön, framförallt från vilda växter, kräver ljus eller kyla för att groningen skall påbörjas men genom tillsats av GA kan man få dessa frön att gro ändå. GA tros vara en naturlig regulator av processer involverade i groningen (Taiz & Zeiger, 2006).

*Abiskissionssyra* (ABA) är ett tillväxthämmande hormon och är en antagonist till de tillväxtfrämjande hormonerna (Campbell, 2011). ABA hindrar det mognande fröet från att gro är därmed en positiv regulator för gröningsvila och en negativ regulator för groningen. Desto högre koncentration av ABA i fröet, desto djupare är gröningsvilan (Leubner-Metzger et al., 2005). Fröet groer först då ABA försvinner eller inaktiveras. Detta kan ske genom utlakning genom vatten eller exponering mot ljus eller kyla. Ökad koncentration eller tillsats av ABA kan avbryta ett aktiverat frö från att gro och därmed föra in den i den sekundära gröningsvilan (Campbell, 2011; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Man har i studier med *Arabidopsis* funnit att gröningsvilan styrs av förhållandet mellan GA och ABA. GA stimulerar aleuronlagret hos spannmål att producera  $\alpha$ -amylase och andra hydrolytiska enzymer som bryter ned näringsreserverna i endospermet (Taiz & Zeiger, 2006) och de mekaniska motstånd som finns kring rotanlaget (Leubner-Metzger et al., 2005). ABA å andra sidan, inhiberar denna syntes och stoppar därmed fröet från att gro (Taiz & Zeiger, 2006).

Även *andra hormoner* kan ha betydelse för gröningsprocessen. Dessa är brassinosteroider och etylen som motverkar ABA samt Cytokinin och Auxin som bidrar till celldelning och tillväxt hos embryo och rotanlag (Leubner-Metzger et al., 2005).

## Groningsprocessen

Groningen sträcker sig enligt en definition från det att fröet börjar ta upp vatten till det att embryoaxeln initierar sträckningstillväxt (elongering). Den synliga effekten av embryoaxelns utsträckning är att rotanlaget tränger ut ur kärnan (Bewley, 1997).

Groningen startar med upptag av vatten och vattenupptaget kan delas upp i 3 faser. I den första fasen sker ett snabbt upptag av vatten. Den andra fasen är en vilofas och i den tredje fasen, när groningen fullbordas, tas vatten upp igen för att sträcka embryoaxeln. Under groningsvilan kan fröet befinna sig i både fas ett och två och dessa kan även gå baklänges. När inträde i den tredje fasen sker är groningsprocessen icke reversibel och nås denna kommer groningen att fullbordas (Bewley, 1997).

Vattenupptaget i den första fasen binder till makromolekyler såsom proteiner och cellulosa vilket gör att fröet sväller och får fröskalet att spricka (Fogelfors, 2001). Detta skapar en gelliknande struktur i fröet och lösta ämnen och metaboliter läcker ut ur fröet och till den omgivande vätskan. Okända reparationsmekanismer stabiliserar dock membranerna igen, vilket förhindrar fortsatt läckage (Bewley, 1997).

Efter det initiala vattenupptaget kommer fröet in i fas två där de metaboliska processerna i fröet som varit vilande under groningsvilan aktiverats av vattnet. Bara några minuter efter vattenupptaget kan man se att respirationen återupptagits och att citronsyracykelns enzymer återaktiverats. Under ett antal timmar omsätts eller repareras dessa enzymer för att slutligen föra in fröet i full metabolisk aktivitet (Bewley, 1997). Enzymerna och strukturerna för dessa processer antas av Bewley (1997) ha överlevt uttorkningsfasen under frömognaden och antas vara åtminstone delvis intakta. Enzymerna bryter ned näringsämnena som varit lagrade i endospermet eller hjärtbladen och den lösta näringen transporteras till tillväxtpunkterna i embryot där den används till energi och byggstenar för groddens tillväxt (Campbell, 2011).

Respirationen förbrukar till en början mycket syre, men syreupptaget minskar snabbt fram till att rotnaglet tränger ut ur fröet. Vid brist på syre sker anaerob respiration och många groende frön producerar därför etanol. Mitokondrierna, som genom uttorkningsfasen under frömognaden är eftersatta, kan trots detta producera tillräckligt med ATP för att hålla igång ämnesomsättningen i fröet under flera timmar (Bewley, 1997).

Alla nödvändiga byggstenar för återupptagandet av proteinsyntesen efter vattenupptaget är tillgängliga i det torra fröet. Polysomer, ribosomer som sätter sig som ett pärlband på mRNA-strängen och därigenom kan tillverka många proteiner samtidigt och snabbt, finns dock inte i fröet utan behöver bildas under groningsprocessen. Några minuter efter vattenupptagets påbörjan börjar fria ribosomer samlas till polysomer. Initial proteinsyntes är beroende av, i den torra kärnan bevarade, ribosomer men inom ett fåtal timmar är nya ribosomer bildade från polysomerna och fortsätter proteinsyntesen (Bewley, 1997).

I det torra fröet finns det även mRNA som till viss del kommer från fröets utvecklingsprocess. Detta mRNA kan användas i groningen till ny mRNA blir tillgänglig. Ny mRNA transkriberas under groningen och tros vara viktig för att stödja den vanliga metabolismen som leder till att växten fortsätter att växa.

I den tredje och avslutande fasen börjar den embryoniska axeln och rotnaglet sträckas. Bewley (1997) beskriver tre möjliga processer som kan ligga bakom rotnaglets sträckning. Den första är att rotnaglet har ackumulerat lösta ämnen och höjt sin osmotiska potential. Mer vatten flödar därmed in i cellerna och cellsträckning sker genom ökat turgortryck. Den andra är att cellerna i rotnaglet blir mer töjbara genom att cellväggarna släpper från varandra och på så sätt höjs membranpotentialen och upptaget av joner vilket leder till osmotiskt upptag av vatten och därigenom ökat turgortryck. Detta görs genom olika proteiner eller expansiner. Det tredje alternativet är att vävnader kring rotnaglet försvagas och tillåter rotspetsen att sträcka sig. Bradford et al (1990) såg att det var endospermets försvagande kring ett salladsfrö som var drivande kring rotens sträckning och inte ett utökat turgortryck i cellen.

Rotanlaget utvecklas sedan till primärroten. Hos tvåhjärtbladiga växter är primärroten huvudroten, varifrån det sedan växer sidorötter. Hos enhjärtbladiga växter utvecklas också primärroten först, men från rotanlaget utvecklas också frörötter (3-6 st) vilka förgrenas med sidorötter och ger upphov till ett fibröst rotnätverk (Fogelfors, 2001).

Skottet börjar utvecklas efter att primärroten brutit ut ur fröet och skottet skall bryta igenom markytan. Hos de tvåhjärtbladiga växterna böjer sig hypokotylen som en krok för att skydda tillväxtpunkten i det apikala meristemet. När hypokotylen nås av ljus sträcks den och hjärtbladen separerar. Från epikotylen frambildas sedan de första fotosyntetiserande bladen samtidigt som hjärtbladen, varifrån den unga plantan hämtat all sin näring, dör och faller av. Hos enhjärtbladiga växter bryter den skyddande koleoptilen igenom markytan och inuti denna tränger skottet fram (Campbell, 2011).

### **Effekten av snabb och jämn uppkomst**

Alla åtgärder som gynnar grödan ger den bättre förutsättningar att växa ifrån sjukdomar och angrepp av skadegörare (Weidow, 1998). Snabb och jämn tillväxt i grödans tidiga utveckling har stor betydelse för beståndsutvecklingen (Fogelfors, 2011), avkastning och kvalitet (Parera & Cantliffe, 1994). Jämn uppkomst ger även mindre problem med näringsläckage och ogräsförekomst samt lägre skörde- och torkningskostnader (Greppa.nu, 2014).

För att nå hög avkastning, framförallt i vårsådd gröda, gäller det att gynna grödan i dess tidiga utveckling för att grödan snabbt skall kunna bilda så stor bladyta som möjligt (Heinonen, 1968). Tidig sådd ger vårgrödorna möjlighet att maximalt utnyttja vegetationsperioden och minskar problemen med vår- och försommartorka (Fogelfors 2001). Harris (1996) fann att tidig uppkomst gav möjlighet för groddplantor att utveckla ett djupt rotsystem innan jorden torkade, vilket gav bättre etablering och mindre känslighet för torka.

Ojämn uppkomst beror främst på vattenhaltsvariationer i jordens översta skikt (Fogelfors, 2001) och motverkas genom ökade sådjup för att öka vattentillgången kring det sådda fröet. Detta leder dock enligt Håkansson (1979) till att uppkomsten fördröjs och att mer reservnäring förbrukas, vilket leder till att näring till organutveckling och fortsatt energiunderhåll reducerats med svagare och känsligare plantor som följd.

En förskjutning i uppkomsttid mellan sådd gröda jämfört med ogräsplantor visade sig i försök av Håkansson (1979) ge stor effekt på plantans förmåga att konkurrera med ogräset. Kom ogräset upp tre dagar tidigare än grödan erhöles en fördubblad ogräsmassa jämfört med uppkomst vid samma tidpunkt. Försämrade konkurrens visade sig även leda till både försämrade massatillväxt och högre dödlighet hos grödan (Håkansson, 1979).

Kraftiga, friska plantor har bättre motståndskraft mot sjukdomar och skadeinsekter (Penn State, 2014) och t.ex. små, svaga plantor har visat sig vara mer mottagliga för jordburna sjukdomar (Parera & Cantliffe, 1994). Biotisk och abiotisk stress startar försvarsmekanismer i det aktiverade fröet och plantor (Fujita et al. 2006) och på senare år har därmed aktivering av frön blivit en lovande strategi för att inducera tolerans mot biotisk och abiotisk stress, då det skyddar plantan utan att i större utsträckning försvaga växten (Van Hulten et al. 2006).

Även om aktivering förbättrar hastighet och jämnhet vid groningen (Harris et al. 1999), framförallt under förhållanden med stress (Van Hulten et al. 2006), kan olika aktiveringssätt passa olika bra vid olika typer av förhållanden och grödor (Iqbal & Ashraf, 2005).

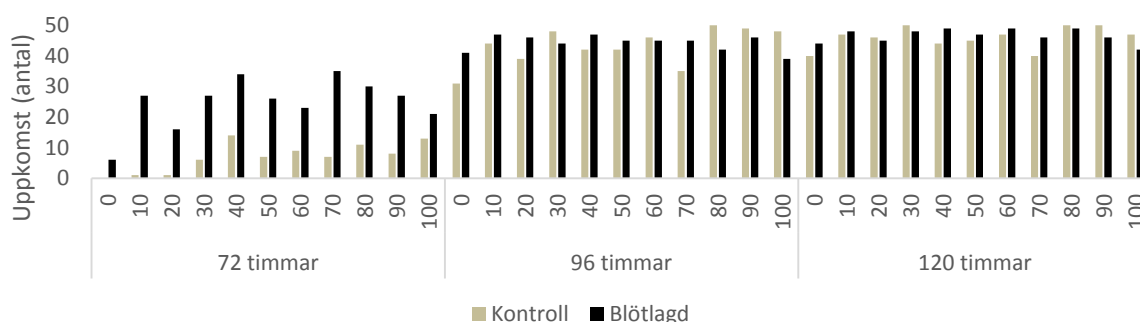
## Resultat

### Uppkomst och tidig utveckling vid blötläggning av vete och ärtor

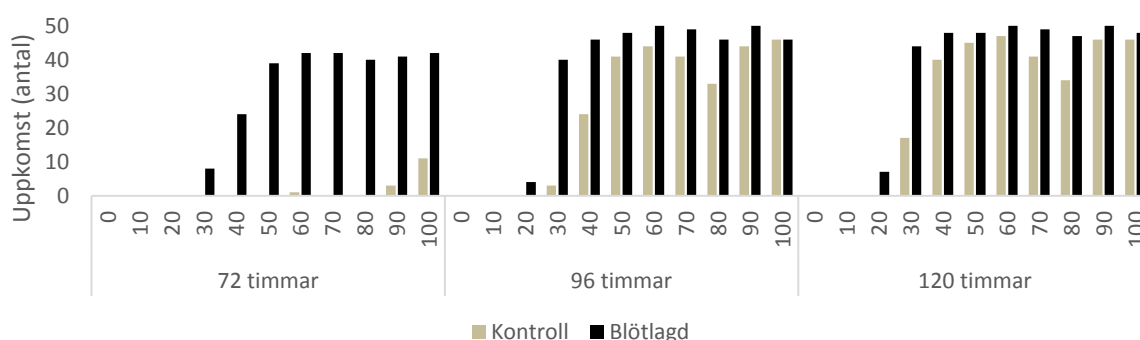
Aktivering av frön genom blötläggning gav en signifikant ( $p < 0,05$ ) skillnad i uppkomsttid och en jämnare uppkomst. Blötläggning av vete i 14 timmar gav, framförallt i torr jord, ett signifikant försprång i uppkomst på ca 24 timmar jämfört med obehandlade kontroller.

I försök 1, där jordens ursprungsvattenhalt var 37 %, var det en signifikant skillnad i uppkomsttid 72 timmar efter sådd (TES) mellan blötlagt led och obehandlat led. I genomsnitt grodde 25 (av 50) frön i blötlagt led jämfört med sju i det obehandlade ledet (Fig. 1). Efter mer än 72 TES var skillnaderna inte signifikanta. I försök 2, där jordens grundvattenhalt var 18 % var skillnaderna mellan blötlagt och obehandlat led ännu större. Förutom en signifikant skillnad 72 TES över alla led var det en signifikant skillnad i uppkomst i hela mätintervallet om man jämför alla led förutom de med 0 till 20 vikts% tillsatt vatten (Fig. 2).

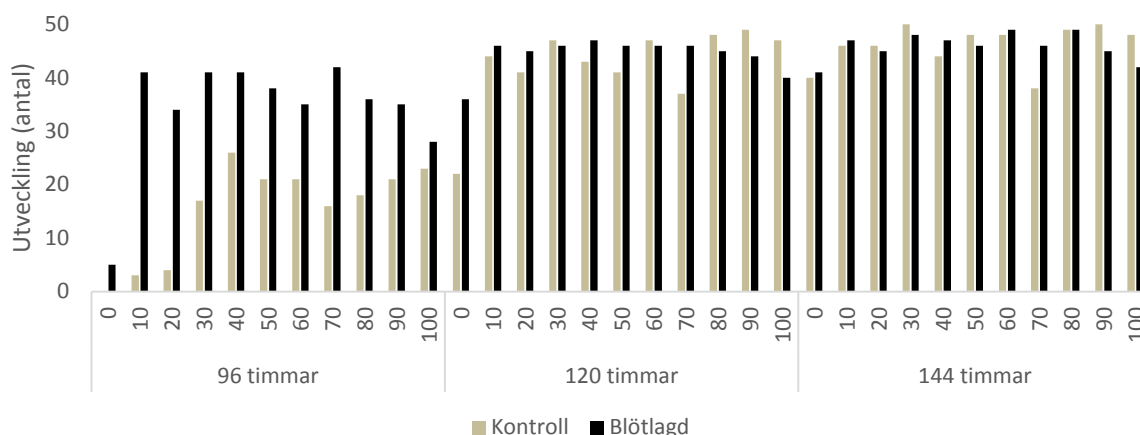
Skillnaderna mellan blötlagt led och obehandlade kontroller var även signifikanta senare i utvecklingen. 96 TES, är det en signifikant skillnad mellan antalet plantor som växt sig minst tre cm långa (rensat för de tre torraste leden) (Fig. 3 och Fig. 4). Även denna skillnad bedöms bero på den ca 24 timmar snabbare uppkomsten för de blötlagda fröna. Resultaten visar att det 96 TES, vid en ursprungsvattenhalt på 37 % i jorden, är i genomsnitt 34 plantor som växt sig 3 cm långa i det blötlagda ledet jämfört med 15 i det torra, och vid vattenhalt på 18 % är snittet i blötlagt led 28 jämfört med 14.



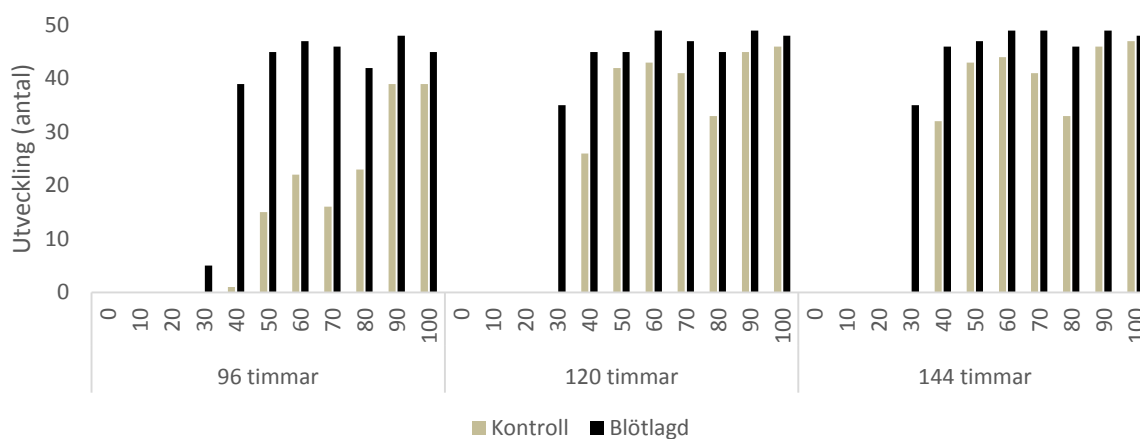
Figur 1. Blötläggning av vete ger snabbare uppkomst. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 37 % och tre olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.



Figur 2. Blötläggning av vete ger snabbare uppkomst. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 18 % och tre olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.



Figur 3. Blötläggning av vete ger snabbare utveckling (3 cm skott). Jämförelse mellan 0–100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 37 % och tre olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.

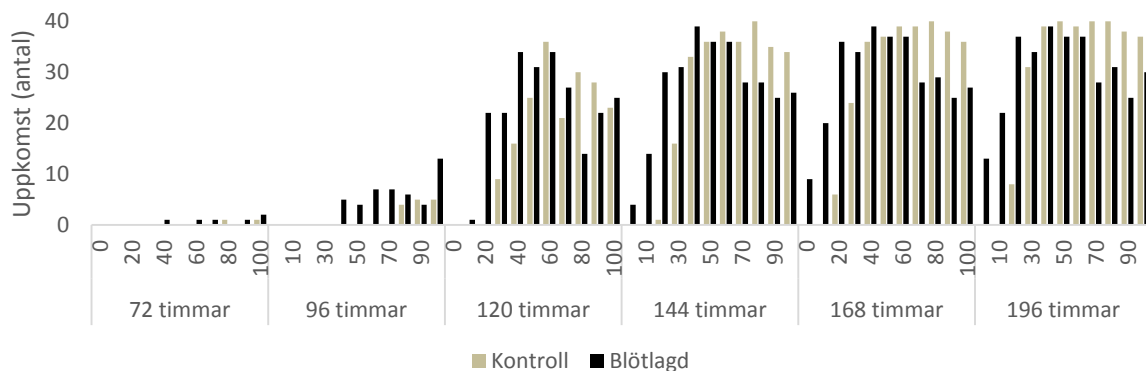


Figur 4. Blötläggning av vete ger snabbare utveckling (3 cm skott). Jämförelse mellan 0–100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 18 % och tre olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.

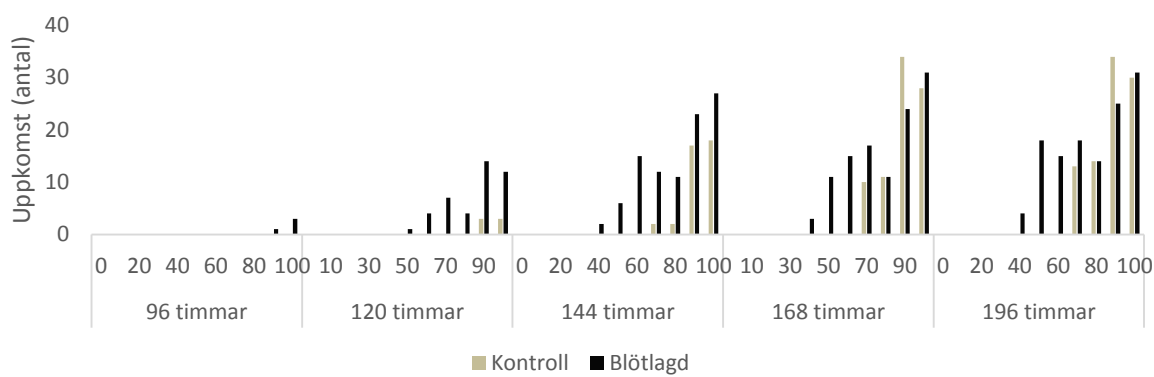
Blötläggning hade även vid jämförelse med respektive jordvattenhalt god effekt i uppkomst och utveckling jämfört med torra fröna. Ju torrare jord, desto större effekt av blötläggning (Fig. 1 – 4). Vid 80-100 vikts% tillsats av vatten i jord med 37 % ursprungsvattenhalt antydde dock att blötlagda frön uppvisar sämre totala antal grodda och utvecklade plantor (Fig. 1 och Fig. 3).

Blötläggning gav, förutom snabbare uppkomst och utveckling, även jämnare sådan. Standardavvikelsen i försöket med blötlagda frön vid 37 % ursprungsvattenhalt ligger vid 96 timmar på 2,6 vid uppkomst jämfört med 6,1 för de torra fröna. Vid 120 timmar och jämförelse vid 3 cm skott, ligger motsvarande siffror på 3,3 respektive 7,7. Samma tendens sågs i försöket vid 18 % grundvattenhalt om det rensas för de tre torraste leden.

För ärtorna kunde inga signifikanta skillnader mellan blötlagt led och obehandlade kontroller uppvisas sett över alla led, men en jämförelse mellan dem vid olika vattenhalter antyder ändå en snabbare uppkomst (Fig. 5 och Fig. 6). Grobarheten var bättre i den delen med torrast jord medan blötlägningen medförde en signifikant försämrad grobarhet om vattenhalten i jorden var högre än 50 % av ursprungsjordens vikt.

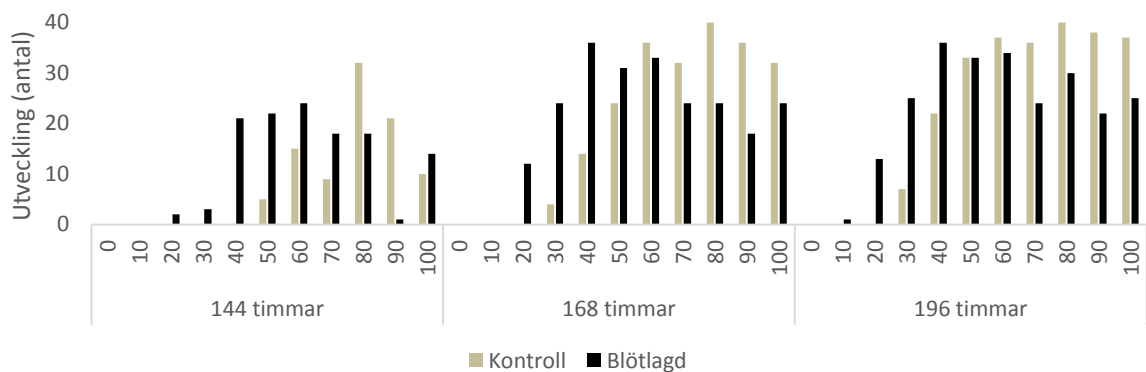


Figur 5. Blötläggning av ärtor i 14 timmar ger något snabbare uppkomst. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 37 % och sex olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.

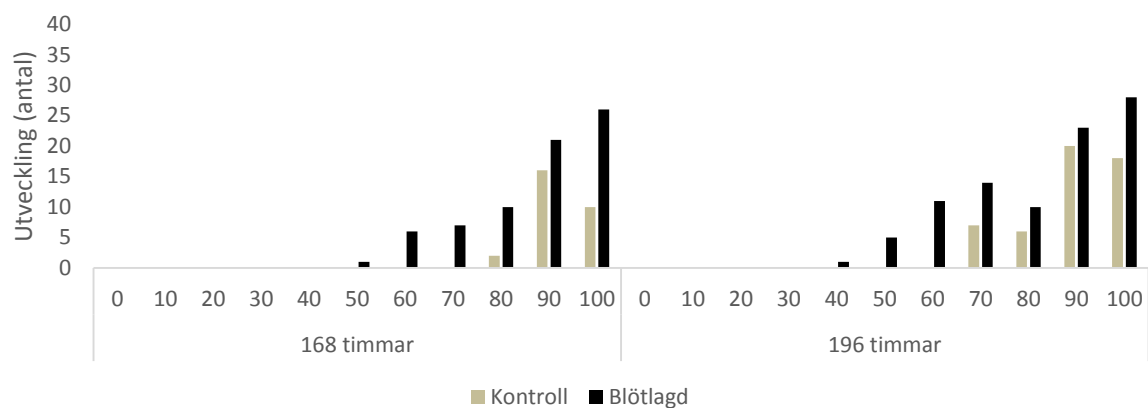


Figur 6. Blötläggning av ärtor i 14 timmar ger snabbare uppkomst. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 18 % och fem olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.

Förutom snabbare uppkomst nådde de blötlagda ärtorna tre centimeters längd tidigare än de torra (Fig. 7 och Fig. 8). Här är skillnaderna inte heller signifikanta över alla led. Även här visade det sig att blötläggning hade god effekt, denna gång på utvecklingen, i torra förhållanden och försämrande effekt i fuktigare förhållanden (Fig. 7 och Fig. 8).



Figur 7. Blötläggning av ärtor i 14 timmar ger snabbare utveckling (3 cm skott) i torra förhållanden och sämre i blöta. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 37 % och tre olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.



Figur 8. Blötläggning av ärtor i 14 timmar ger snabbare utveckling (3 cm skott) i torra förhållanden och sämre i blöta. Jämförelse mellan 0 – 100 vikts% tillsatt vatten i förhållande till jordvikt med ursprungsvattenhalt på 18 % och två olika tidpunkter. Blötlagd jämfört med kontroll.

Tabell 1. Blötläggning av ärtor och vete påskyndar groningen. Grobarhet och vattenupptag mätt på ärtor och vete 72 timmar efter avslutad blötläggning i vatten i mellan 0 och 36 timmar.

Blötläggningstid (timmar)	Ärtor		Vete	
	Vattenupptag (vikt%)	Grobarhet% (efter 72 h)	Vattenupptag (vikt%)	Grobarhet% (efter 72 h)
0	1	0	4	22
2	25	0	15	82
4	41	2	17	92
6	53	4	19	96
8	67	8	21	92
10	79	20	22	32
12	66	4	27	70
14	93	56	30	94
16	69	0	32	100
18	115	68	31	94
20	122	78	34	98
22	112	66	38	88
24	144	98	42	96
26	153	100	43	94
28	148	100	46	96
30	155	94	49	100
32	158	96	53	92
34	160	92	62	90
36	163	100	54	90

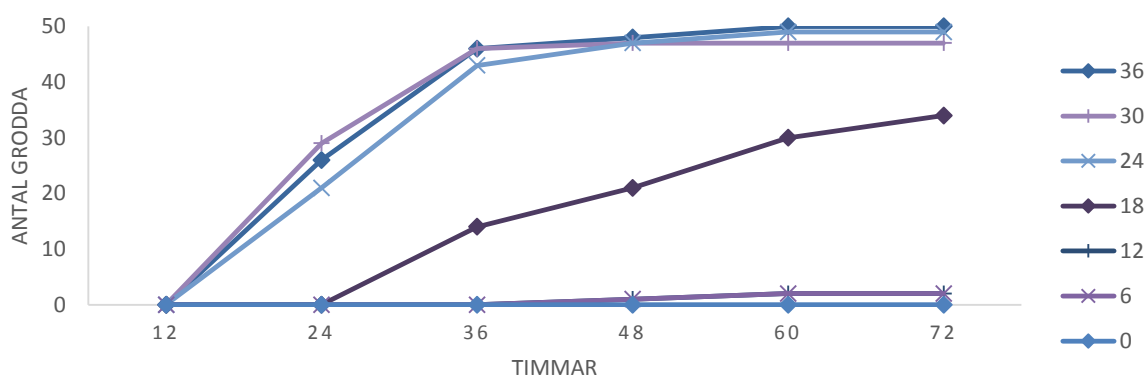
## Grobarhet vid blötläggning av vete och ärtor

Ärtor behöver i medeltal ta upp vatten motsvarande ca 140 % av sin lagringsvikt för att nå grobarhet över 90 % (Tabell 1). Detta nås genom blötläggning i 5 gradigt vatten i minst 24 timmar. Blötläggning kortare än 24 timmar ger maximalt 78 % grobarhet. För att nå grobarhet över ca 60 % behöver vatten motsvarande 100 % av ärtans lagringsvikt tas upp, detta tar mellan 14 och 18 timmar.

För vete krävs endast vattenupptag motsvarande 15 % av lagringsvikten för att gro. Detta kräver 2 timmars blötläggning i vatten (Tabell 1). Längre blötläggningstid ger ökande vattenupptag men det går inte att påvisa att grobarheten förändras.

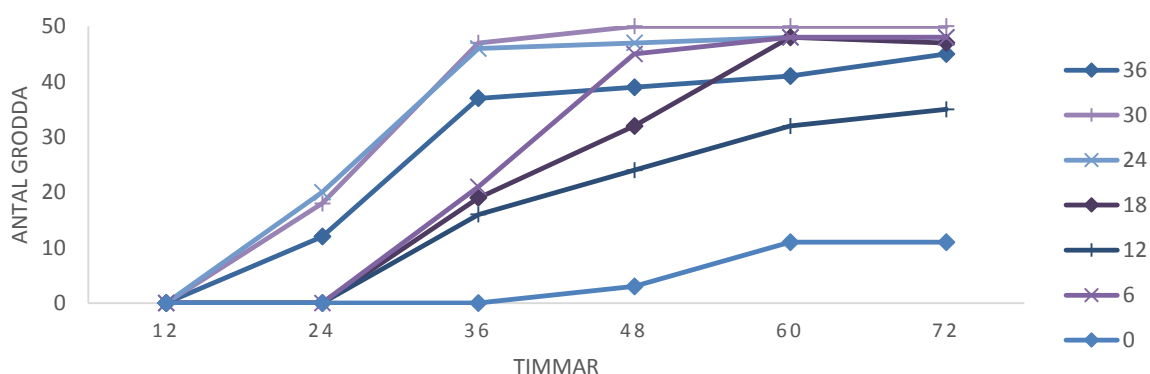
Det finns en variation i fröns beskaffenhet att ta upp vatten och mest tydligt är det hos ärtor där upp till 20 % av partiet kan gro vid blötläggning under 10 timmar.

I figur 9 ser man att ärtor blötlagda i mer än 24 timmar i stort sett grott till över 84 % på 36 timmar, medan de med kortare blötläggningstid groer betydligt långsammare eller inte alls.



Figur 9. Groningen av ärtor går snabbare ju längre tid de blötlagts. Groningsantal efter olika tidpunkter. Blötläggning i 0, 6, 12, 18, 24, 30 och 36 h.

I stort sett all vete blötlagd längre än 20 timmar når 80 % grobarhet efter 36 timmar (Fig. 10). Allt vete, förutom det som är blötlagt i 0 timmar, groer till minst 60 %.



Figur 10. Groningen av vete går snabbare ju längre tid de blötlagts. Groningsantal efter olika tidpunkter. Blötläggning i 0, 6, 12, 18, 24, 30 och 36 h.



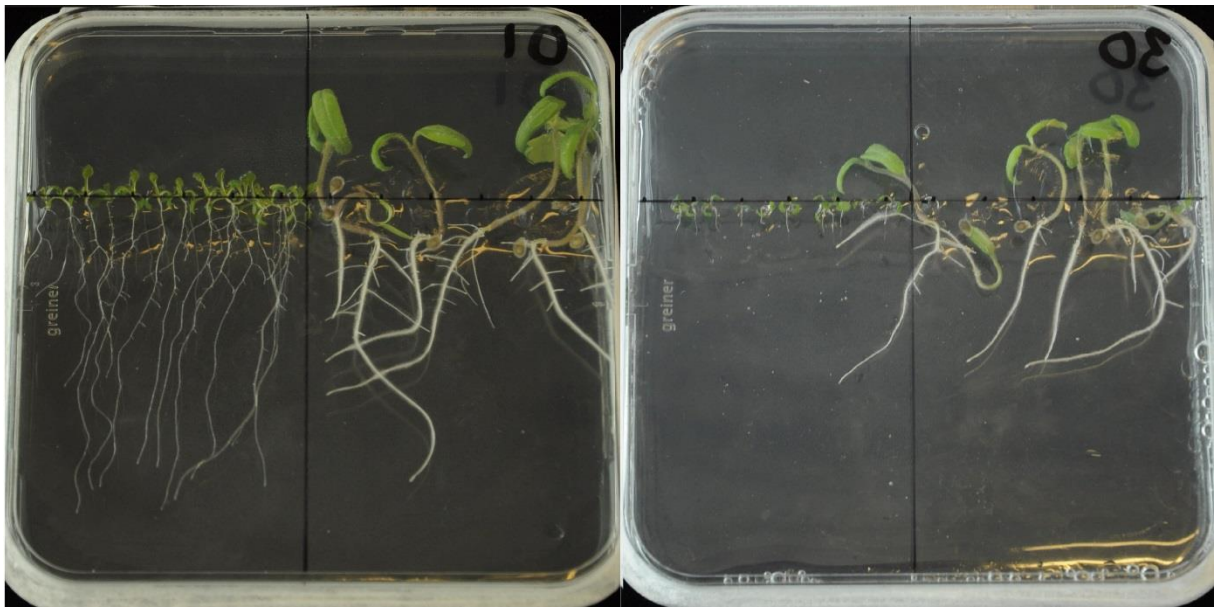
## Rotinhibering och groningsinhibering för Arabidopsis och Tomat

Tomatidins rotinhiberande effekt på Arabidopsis var mycket tydlig (Fig. 11).

I Tabell 2 kan man se att Tomatidin med koncentrationer mellan 200 till 5000 nM hämmade rottillväxten hos Arabidopsis. Effekten var starkt signifikant ( $p < 0,001$ ). För övriga alkaloider uppvisades inga signifikanta förändringar.

För tomat var standardavvikelsen i varje serie för stor för att få fram några signifikanta eller trovärdiga resultat kring rotinhiberingen (Tabell 3).

Testade alkaloider påvisade däremot inga signifikanta effekter på groningsinhibering (Tabell 4).



Figur 11. Tomatidin inhiberade rottillväxten hos Arabidopsis (vänstra delen av plattan t. h) jämfört med kontroll (vänstra delen av plattan t. v), men inte på tomat.

Tabell 2. Rotinhiberingseffekt av alkaloider hos *Arabidopsis*. Tvåsidigt *t*-test för *p*-värde. *n*=10 rötter per koncentration

	Dag 8		Dag 6	Dag 8	Signifikans
	Medellängd	STDAV	p-värde	p-värde	
Kontroll					
0	34,3	7,7			
0	36,6	10,1			
0	32,4	8,8			
Solanidin (nM)					
5000	35,2	5,7	0,761	0,85	inte signifikant
1000	32,6	8,9	0,867	0,54	inte signifikant
200	29,3	10,7	0,555	0,10	inte signifikant
40	33,4	9,9	0,625	0,69	inte signifikant
8	34,0	10,2	0,423	0,85	inte signifikant
1,6	41,1	6,4	0,149	0,05	inte signifikant
Solanin (nM)					
5000	34,9	4,1	0,369	0,93	inte signifikant
1000	34,0	3,5	0,698	0,84	inte signifikant
200	36,3	7,3	0,781	0,65	inte signifikant
40	35,6	8,9	0,586	0,78	inte signifikant
8	32,2	8,0	0,852	0,42	inte signifikant
1,6	37,1	7,8	0,204	0,45	inte signifikant
Tomatidin (nM)					
5000	4,2	0,8	0,000	0,00	***
5000	4,0	0,7	0,000	0,00	***
1000	4,5	0,9	0,000	0,00	***
200	8,6	1,6	0,000	0,00	***
40	30,2	8,8	0,911	0,16	inte signifikant
8	35,2	10,1	0,060	0,87	inte signifikant
1,6	37,3	5,9	0,347	0,38	inte signifikant
Tomatin (nM)					
5000	28,2	7,1	0,067	0,05	(inte signifikant)
1000	35,2	8,5	0,903	0,86	inte signifikant
200	36,2	6,3	0,423	0,62	inte signifikant
40	34,0	9,9	0,645	0,85	inte signifikant
8	36,8	6,2	0,363	0,50	inte signifikant
1,6	35,8	10,7	0,510	0,73	inte signifikant
				<0,05	*
				<0,01	**
				<0,001	***

Tabell 3. Rotinhiberingseffekt av alkaloider hos Tomat. Tvåsidigt t-test för p-värde. n=6 rötter per koncentration

		Dag 8		
	Medel	STDAV	p-värde	
Kontroll				
0	25,3	12,11		
0	29,6	6,54		
0	33,8	9,58		
Solanidin (nM)				
5000	17,7	13,97	0,040	Ev. signifikant
1000	24,8	7,14	0,107	Inte signifikant
200	30,2	12,56	0,624	Inte signifikant
40	21,4	11,84	0,648	Inte signifikant
8	28,8	10,28	0,216	Inte signifikant
1,6	25,7	15,16	0,772	Inte signifikant
Solanin (nM)				
5000	25,2	4,22	0,978	Inte signifikant
1000	26,5	12,14	0,927	Inte signifikant
200	19,2	8,89	0,386	Inte signifikant
40	19,0	12,07	0,265	Inte signifikant
8	22,7	13,62	0,554	Inte signifikant
1,6	16,2	10,69	0,134	Inte signifikant
Tomatidin (nM)				
5000	19,3	11,15	0,980	Inte signifikant
5000	28,3	7,09	0,137	Inte signifikant
1000	22,4	12,46	0,423	Inte signifikant
200	17,3	12,66	0,777	Inte signifikant
40	20,7	11,86	0,561	Inte signifikant
8	27,4	6,54	0,433	Inte signifikant
1,6	13,0	9,94	0,077	Inte signifikant
Tomatin (nM)				
5000	15,7	6,66	0,528	Inte signifikant
1000	23,2	10,71	0,547	Inte signifikant
200	21,7	15,06	0,267	Inte signifikant
40	27,2	7,05	0,063	Inte signifikant
8	23,0	3,61	0,666	Inte signifikant
1,6	18,8	15,79	0,754	Inte signifikant
			<0,05	*
			<0,01	**
			<0,001	***

Tabell 4. Groningsinhibering hos Arabidopsis och Tomat av olika alkaloider. Tvåsidigt t-test för p-värde

Arabidopsis						Tomat (6 frön i varje koncentration)					
	Frön totalt	Antal grodda			p-värde		Antal grodda				p-värde
Kontroll		d2	d3	d6		Kontroll	d2	d3	d6	d8	
0	14	5	9	14		0	0	0	6	6	
0	12	6	11	12		0	0	0	6	6	
0	8	4	5	8		0	0	0	5	5	
Solanidin (nM)						Solanidin (nM)					
5000	10	3	9	10	0,717	5000	0	0	3	6	0,695
1000	9	2	7	9	0,369	1000	0	0	5	6	0,956
200	12	2	8	12	0,738	200	0	0	4	5	0,688
40	10	3	9	10	0,717	40	0	0	3	5	0,565
8	11	5	7	11	0,813	8	0	2	5	5	0,903
1,6	10	2	8	10	0,539	1,6	0	1	4	6	0,954
Solanin (nM)						Solanin (nM)					
5000	13	5	9	13	0,754	5000	0	0	6	6	0,914
1000	9	3	5	9	0,291	1000	0	1	5	6	0,908
200	10	2	4	10	0,264	200	0	0	6	6	0,914
40	12	3	8	12	0,828	40	0	0	3	6	0,695
8	10	1	5	10	0,274	8	0	0	4	6	0,823
1,6	10	3	10	10	0,823	1,6	0	0	3	5	0,565
Tomatidin (nM)						Tomatidin (nM)					
5000	10	5	9	10	0,923	5000	0	1	5	6	0,908
5000	15	4	8	15	0,778	5000	0	0	2	6	0,579
1000	12	3	10	12	0,966	1000	0	0	6	5	0,956
200	12	5	8	12	0,963	200	0	0	3	6	0,695
40	12	4	8	12	0,929	40	0	0	3	6	0,695
8	13	7	8	12	0,736	8	0	0	4	5	0,688
1,6	10	3	8	11	0,722	1,6	0	0	5	6	0,956
Tomatin (nM)						Tomatin (nM)					
5000	12	4	8	12	0,929	5000	0	0	2	3	0,260
1000	10	5	7	10	0,699	1000	0	0	4	5	0,688
200	13	4	9	13	0,862	200	0	0	4	6	0,823
40	12	4	9	12	0,964	40	0	0	5	5	0,821
8	10	3	7	10	0,523	8	0	0	3	3	0,342
1,6	10	3	7	10	0,523	1,6	0	0	3	6	0,695
					<0,05 *						<0,05 *
					<0,01 **						<0,01 **
					<0,001 ***						<0,001 ***

## Diskussion

Resultaten visade att blötläggning av frön har stor betydelse för deras groning och jämnheten av den. Genom blötläggning av vete i 14 timmar initierades aktiviteten i vetekärnan och gav upp till en dags försprång i uppkomst jämfört med det icke blötlagda vetet (Fig 1 och Fig. 2). För ärtor var resultatet av 14 timmars blötläggning inte lika tydligt (Fig. 5 och Fig. 6), men de resultat som erhöles påvisade trots allt att blötläggning har effekt på uppkomsttid, grobarhet (Tabell 1) och utveckling (Fig. 7 och Fig. 8). Just för uppkomst och utveckling visade det sig att blötläggning har negativ effekt vid ärtsådd i ordentligt fuktiga miljöer (Fig 5 – 8). I relativt torra miljöer hade blötläggning den bästa effekten för såväl vete som ärtor.

Detta bekräftar de resultat och den diskussion Håkansson (1979) förde när han fann att effekterna kring aktivering av frön under god vattentillgång var ringa och i vissa fall påvisades att blötläggning gav sämre groningsresultat. Han diskuterade därför om blötläggning vid sådd av frön med låg groningshastighet eller vid sämre förhållanden hade gett en annan effekt. Även Parera & Cantliffe (1994) hade samma tes, att fröaktivering vid dåliga förhållanden borde vara mer användbar än vid bra förhållanden. Mina resultat tyder på att så är fallet, samtidigt som aktivering vid ”normala” förhållanden verkar ge åtminstone en viktig tidsvinst.

Att blötläggning kan ha negativ effekt i blöta förhållanden kan bero på att syretillgången i groningens andra fas, då respirationen startar, är för låg. Med både vatten som stoppar syreupptaget under blötläggningsen och senare även hög vattenhalt kring kärnan efter sådd, hinner fröet långt i groningsprocessen och jag antar att det är det anaeroba förhållandet som har negativ effekt för fröet. I en studie av Perata et al (1992) jämförde man vete och ris groning i vatten och fann att vetet, till skillnad från riset inte kunde producera  $\alpha$ -amylas. Ris skall enligt Perata et al (1992) också vara en av få växter som kan producera  $\alpha$ -amylas i anaeroba förhållanden.

Ärtförsökets blötläggningstid i uppkomst och utvecklingsförsöket visade sig i grobarhetsförsöket vara mindre optimal och detta tror jag haft stor inverkan på resultatet. Hade man låtit fröet ta upp vatten under 24 timmar istället för de 14 jag använde, hade förmodligen uppkomsten skett både tidigare och jämnare än i de försök som utfördes.

Grobarhetsförsöket visade att ärtor gror till minst 80 % när de tagit upp minst 140 viktsprocent vatten. I 5-gradigt vatten krävde detta upptag blötläggning i minst 24 timmar (Tabell 1). Det finns dock olika beskaffenhet för såväl upptag som groningstid hos enskilda ärtor vilket syns i att det gror frön i varierande mängd redan efter 4 timmars blötläggning (Figur 9). Dessa ”eftersläntare” grodde dock oregelbundet, vilket kan tyda på att de grodde av fuktigheten som fanns i dess omgivning. Dock kunde jag under försöket notera att vissa ärtor i de försök med kort blötläggningstid såg lika svullda och fuktiga ut som ärtorna vid längre blötläggning vilket förmodligen var huvudanledningen till att det grodde ”eftersläntare”. I mitt försök blötlade jag i 5 gradigt vatten men enligt Short (1976) beror groningshastigheten även på temperaturen i vattnet, där 22 – 30 grader ger ”visuellt avklarat” vattenupptag redan inom 6 till 16 timmar.

För vetet räckte det med 2 timmars blötläggning och 15 % vattenupptag (viktsprocent) för att nå grobarhet på 80 % (Tabell 1). Längre blötlagt vetet fortsatte att ta upp vatten, upp till drygt 60 viktsprocent, och grodde också snabbare i och med detta (Figur 10). Några signifikanta skillnader i slutlig grobarhet syntes inte.

Att 0 timmars blötläggningstid gav såväl vattenupptag som grobarhet förklaras med att fröna doppades snabbt i vatten innan sådd för att kontrollera vad det kapillärt bundna vattnet på fröets yta gav för viktpåslag. Att vissa av de torra vetefröna grodde tros bero på att fuktigheten i groningsskålen var tillräcklig för att enskilda frön skulle kunna ta upp tillräckligt med vatten

för att börja gro. Detta kan också i varierande omfattning ha gällt vetet i övriga blötläggningstider, men den stora skillnaden jämfört med dessa och fröna endast doppade i vatten, talar för att övriga grodde på grund av blötläggningstiden och inte eventuell tillräcklig fuktighet i petriskålen.

Även i de torra krukorna i odlingsförsöket var grobarhet, uppkomst och utveckling dålig. Att utvecklingen var det är väntat då växten behöver vatten, men att grobarheten och uppkomsten var dålig även i torr jord tål att diskuteras. Det enkla svaret kanske är att jorden med sin låga osmotiska potential torkade ut fröna. Rent biologiskt skulle dock resultaten från litteraturstudien kunna förklara det hela då vatten behövs för att lösa upp endosperm och mekaniska motstånd samt skapa turgortryck i de elongerade rotanlagets celler, och att vattentillgången för detta var för låg. Slutsatsen bör därmed vara att det behövs viss fuktighet i jorden för att blötläggning skall fungera med god effekt. I det praktiska jordbruket vid vårbruk och höstbruk är dock frågan om jorden någonsin når de kritiskt låga vattenhaltsnivåer jag skapade som krävs för att groningen skall hämmas.

Bevisligen är dock blötläggning som helhet en fungerande strategi för snabb, jämn och god uppkomst. Genom en så enkel metod som att placera fröet i vatten, i för vete minst 2 timmar och för ärtor minst 24 timmar (vid 5-gradigt vatten), kan man för vete erhålla ca 24 timmar snabbare och jämnare uppkomst med något högre grobarhet om detta gäller även vid fältmässiga förhållanden. I torr jord groer fröna betydligt bättre medan man i rejält fuktiga betingelser ser en tydlig försämring av utvecklingen. För ärtorna, trots att resultatet från odlingsförsöket inte tydligt stärker min hypotes, bör teoretiskt sett effekten för ärtor vara ännu större. Kan man blötlägga ärtan i 24 timmar innan sådd sparar man på all den tid det tar för fröet att ta upp de 140 viktsprocent vatten ur jorden som ärtan behöver för att gro och uppkomst kan ske redan efter 36 timmar (baserat på grobarhetsförsöket) vilket är ca 90 timmar (knappt 4 dagar) snabbare eller 30 % av tiden det tar för en torr ärtä att bryta igenom markens yta.

Förstudien med allelopatiska effekter visade att Tomatidin hade en negativ inverkan på Arabidopsis-rotens tillväxt men inte på tomat (Tabell 2 och Tabell 3). Övriga substanser visade inga signifikanta skillnader. De testade alkaloiderna verkade inte ha någon effekt på grobarheten (Tabell 4), varför tillväxtinhiberingen sannolikt är relaterad till cellsträckningen. Framtida försök behövs för att klargöra den mekaniska effekten på roten liksom omfattning och tillämpbarhet av alkaloider.

Resultatet från studien ger uppslag för framtida studier om skillnaden skapad genom blötläggning även har en praktisk betydelse och tillämpbarhet som kan ge högre avkastning och bättre lönsamhet. Med jordbrukets stora fält, med varierande jordarter och fuktighet, höga krav på avkastning och önskan om snabb och jämn uppkomst tycks blötläggning av frön dock vara en intressant möjlighet. Potentiellt sett skulle man genom det minskade kravet av vatten för groningen antagligen kunna så grundare vilket därigenom hade fått snabbare och friskare plantor vid uppkomst. Även behovet av bekämpningsmedel mot ogräs, insekter och svamp skulle förmodligen gå att minska då grödan kan konkurrera tidigare. Snabbare uppkomst kring sådd ökar också effekten av t.ex. såmaskinens omrörning av markytan, vilket kanske är tillräcklig mekanisk bearbetning mot ogräsen.

Allelopatiska ämnena, om de är ekonomiskt försvarbara att utvinna, har även möjligheten att bli ett verktyg i paletten av biologiska bekämpningsmedel där Tomatidin verkar vara en kandidat.

Med 24 timmars försprång för vete och teoretiskt sett ännu större försprång för ärtor bör en framtida studie ta reda på om detta dygn på våren ger, som talesättet säger, en vecka på hösten.

## Slutsats

Blötläggning av frön ger snabbare och jämnare uppkomst och därigenom ett försprång mot abiotisk och biotisk stress på ca 24 timmar hos vete. Detta försprång håller i sig även senare i utvecklingen, men rejält fuktig jord ger en negativ effekt på tillväxten.

För ärtor bör samma tendens gälla och vid minst 24 timmars blötläggning är det möjligt att uppkomsten sker upp till 90 timmar snabbare eller på ca 30 % av tiden det tar för en torr ärtä att gro i jorden.

Vete gror efter vattenupptag på ca 15 % av torrvikten vilket kräver ca 2 timmar i vatten, men fortsatt blötläggning ger vattenupptag upp till 60 % och även en snabbare groning. Ärtor behöver 24 timmars blötläggning för att nå grobarhet över 80 % och vattenupptaget som krävs för detta är 140 viktsprocent.

Tomatidin verkar tillväxthämmande på rötter hos *Arabidopsis* och fortsatta studier bör genomföras för att undersöka effekten på andra växter, biologiska samband osv.

Resultaten från uppsatsen bör användas i framtida studier om skillnaden i groning, uppkomsttid och jämnhet har en praktisk betydelse och genomförbarhet i jordbruket. I teorin pekar mycket på att så är fallet där bland annat abiotisk och biotisk stress skall motverkas genom dels det aktiva fröet men även den erhållna konkurrensfördelen i tiden. Visar det sig blötläggning av frön före sådd vara en bra metod skulle det i förlängningen kunna bidra till större och jämnare skördar trots minskad mängd insatsvaror.

Blötläggning av frön kan vara en revolutionerande åtgärd i jordbruket som kan leda till ökad avkastning, lägre användning av insatsmedel och som följd av detta en bättre ekonomi.

## Referenser

Angelovici, R., Galili, G., Fernie, A.R., Fait, A. (2010) Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends in Plant Science*. 15:211-218.

Bengtsson, J., Magnusson, U., Rydhmer, L., Jensen E. S., Vrede, K., Öborn, I. (2010) *Future Agriculture - Livestock, Crops and Land Use. A Strategic Programme for Research*. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences.

Bewley, J.D. (1997). Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*. 9:1055-1066.

Bewley, J.D. et al. (2013). Environmental regulation of dormancy and germination. I: *Seeds: Physiology of development, Germination and Dormancy*. 3<sup>rd</sup> Edition. Springer Science+Business Media, LLC. Berlin. s. 299-339.

Bradford, K.J., Welbaum, G.E., Tissaoui, T. (1990). Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Plant Physiology*. American Society of Plant Physiologist. Rockville. s. 1029-1037.

Campbell, N.A., & Reece, J.B. (2011). *Campbell Biology*. 9<sup>th</sup> Edition. San Francisco, California. Benjamin Cummings. s.784-893.

Fogelfors, H. (2001). *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm. Natur och Kultur/LTs förlag. s. 109-119.

Fujita, M., Fujita, Y., Noutoshi, Y., Takahashi, F., Narusaka, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2006). Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Current Opinion in Plant Biology*. 9:436-442.



- Greppa (2014-05-31) *Ojämn uppkomst, ett skördeproblem*.  
<http://www.greppa.nu/omgreppa/omwebbplatsen/artikelarkiv/aldreartiklar/nyhetsarkiv/tidigarear/nyhetsarkivet20012005/ojamnuppkomstetskordeproblem.5.1c0ae76117773233f780006737.html> [2014-05-31]
- Harris, D. (1996). The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. *Soli & Tillage Research*. 40:73-88.
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothkar, P. & Sodhi, P.S. (1999). On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice, and chickpea in India using participatory methods. *Expl. Agric.* 35:15-29.
- Heinonen, R. (1968). *Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser I såbäddsberedning och sådd av vårstråsådd*. Uppsala. Lantbrukshögskolan. Nr 13.
- Håkansson, S. (1979). Grundläggande växtodlingsfrågor, 2: Faktorer av betydelse för plantetablering, konkurrens och produktion i åkerns växtbestånd. *Rapport – Sveriges Lantbruksuniversitet, 1979, Vol. Institutionen för Växtodling. Issue 72*. Uppsala. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Iqbal, M. & Ashraf, M. (2005). Changes in growth, photosynthetic capacity and ionic relations in spring wheat (*triticum aestivum* L.) due to pre-sowing seed treatment with polyamines. *Plant Growth Regulation*. 46:19-30.
- Leubner-Metzger, G., Kucera, B., Cohn, M.A. (2005) Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*. 15:281-307.
- Parera, C.A & Cantliffe, D.J. (1994) Presowing Seed Priming. *Horticultural Reviews*. 16:109-141.
- Penn State, Collage of Agricultural Sciences (2014-07-13). Pest Management in Organic Systems: Insects. <http://extension.psu.edu/agronomy-guide/cm/sec11/sec112> [2014-07-13]
- Perata, P., Pozueta-Rpmoro, J., Akazawa, T., Yamaguchi, J. (1992). Effect on anoxia in starch breakdown in rice and wheat seeds. *Planta*, 188(4):611-618.
- Puthur, J.T., Jisha, K.C., Vijayakumari, K. (2012). Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiologiae Plantarum*. 35:1381-1396.
- Rajjou, L. & Debeaujon, I. (2008) Seed longevity. Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *Comptes Rendus Biologies*. 331:196-805.
- Short, G. E., & Lacy, M. L. (1976). Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. *Phytopathology*, 66(2):182-187.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*. 4<sup>th</sup> Edition. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates, Inc. s.377-611.
- Finch-Savage, W. & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 171:501-523.
- Van Hulten, M., Pelser, M., Van Loon L.C., Pieterse C.M.J & Ton, J. (2006) Costs and benefits of priming for defense in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. s. 5602-5607
- Weidow, B. (1998). *Växtodlingens grunder*. Stockholm. Natur och Kultur/LTs förlag.